

III-118

SFRCのトンネルへの適用（3）

-吹付SFRC部材の曲げ特性、圧縮特性-

鉄建建設㈱ 正会員 笹尾 春夫
 ㈱フジタ 正会員 林 英雄
 佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄
 東急建設㈱ 正会員 前田 強司

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート（以下SFRC）による吹付工法は、膨張性地山などの大きな変形が発生する地山において特に有効であることが知られている。また、既設トンネルの変状に対する補強などの限定された巻厚での施工にも大きな効果を発揮するものである。本報告はSFRCを山岳工法によるトンネルに適用するにあたっての設計基準値を求めることを目的として強度特性および変形特性の検証を試みたものである。

2. 実験概要

一般にSFRCを吹付工法に用いる場合、はね返り等の影響によりプラントでの配合と実際に付着したコンクリートの配合が異なったものとなることが予想される。そこで、混練したコンクリートを型枠に流し込んで作成した供試体と、吹付機で吹付けた後、切出しによって作成した供試体とで強度特性および変形特性の比較検討を行った。

実験に用いた供試体は、山岳トンネルを施工中の現場で工事用のプラントを用いてコンクリートを混練し、ミキサー車で坑内に搬入後、切羽付近で供試体作成用型枠への打込み、および供試体採取箱への吹付けを同時に行うことによって作成した。打込みおよび吹付け後の供試体は、坑内で同一の条件で養生し、吹付供試体は加工工場で成形後、両者の曲げおよび圧縮試験を行った。

供試体寸法は、圧縮試験が $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 、曲げ試験が $150 \times 150 \times 530\text{mm}$ である。

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮試験

図-1に鋼繊維混入率と圧縮強度の関係を示す。打込み供試体の圧縮強度は鋼繊維混入率にかかわらず、ほぼ一定である。吹付け供試体では、鋼繊維混入率による変化が小さいものの、混入量が増えるに伴ってやや強度が減少する傾向にある。また、吹付けについては供試体を吹付け面に対して直角（吹付け1）と平行（吹付け2）の2方向にコアリングして作成した。鋼繊維は吹付け方向と直角な方向に多く配向する傾向があるため、吹付け1

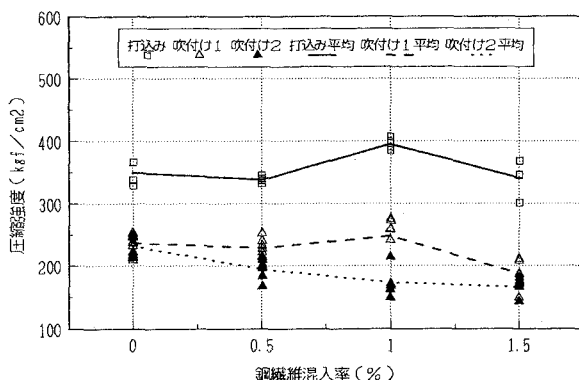


図-1 鋼繊維混入率と圧縮強度

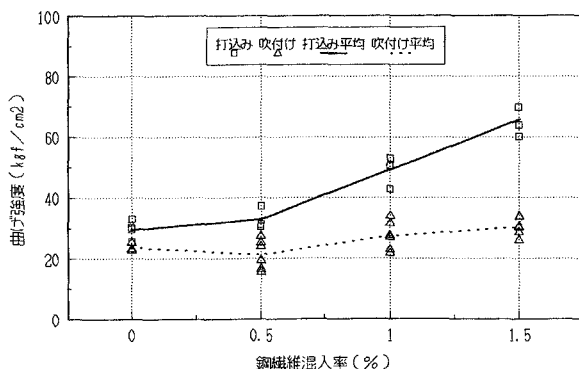


図-2 鋼繊維混入率と曲げ強度

の供試体は荷重方向と直角に配向する鋼繊維が多く、吹付け2では直角方向の鋼繊維が少なくなる。吹付け1の強度が吹付け2より大きくなる傾向があるのは、荷重方向と直交する鋼繊維による拘束効果によるものと考えられる。

(2) 曲げ試験

図-2に鋼繊維混入率と曲げ強度の関係を示す。打込み供試体の強度は鋼繊維混入率の増加にともなって著しく大きくなり、混入率1.5%で強度は無筋に対して200%以上に増大する。吹付け供試体も強度が増加する傾向にあるが、その割合は少ない。

図-3は鋼繊維混入率と曲げ靱性係数の関係を示したものである。混入率が多くなると靱性係数も増加する。吹付け供試体は鋼繊維の増加に伴う曲げ靱性係数の増加が、打込み供試体と同程度に顕著である。これは、最大荷重以降の挙動が主として鋼繊維とコンクリートの付着に支配されるためであると推定される。また、このデータは、吹付けSFRCが変形性能重視で施工される場合が多いことの裏付けとなるものであると考えられる。

図-4は鋼繊維混入率1%の打込みと吹付けコンクリート供試体の荷重～変位曲線の比較を示す。最大荷重は打込みの方が明らかにまさるものの、変位が増加すると共に両者の差は徐々に小さくなり、ひびわれ幅が10mm程度（変位が5mm程度）になるとほとんど変らなくなる。このことは、曲げ靱性係数と同様に、大変形を起す地山で用いると吹付けSFRCの効果が有効に発揮されることを示している。

4. まとめ

- ①SFRCは無筋コンクリートと比較して圧縮強度はほとんど変わらないが、曲げ強度および靱性係数は増大する。その程度は混入率の増加にともなって大きくなる。
- ②打込みと吹付けを比較すると、最大荷重は吹付けの方が低くなった。最大荷重の比率は圧縮試験の場合、鋼繊維混入率0%で0.67、0.5%で0.63、1.0%で0.53、1.5%で0.52となった。また、曲げ試験ではそれぞれ、0.80、0.64、0.56、0.46であった。
- ③荷重～ひびわれ幅の関係をみると、ひびわれ幅が3～5mm以上では打込みと吹付けの差が小さくなり、最終的にはほぼ同一の点に達する。したがって、変位が大きい場合は吹付けと打込みとは変形性能の差は少なくなる。
- ④曲げ試験において、ひびわれ幅が10mmを越えても供試体は破断しない。このことは、山岳トンネルでの施工において、変状によるひびわれが10mm発生しても、少なくとも自重による吹付けコンクリートの剥落が起らないことを意味するものと考えられる。

なお、本研究は（社）鋼材倶楽部SFRC構造設計施工研究会の研究成果の一部であることを付記する。

【参考文献】土木学会、鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案）、昭和58年3月

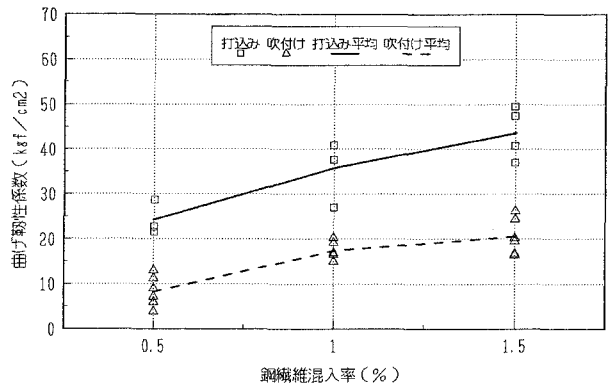


図-3 鋼繊維混入率と曲げ靱性係数

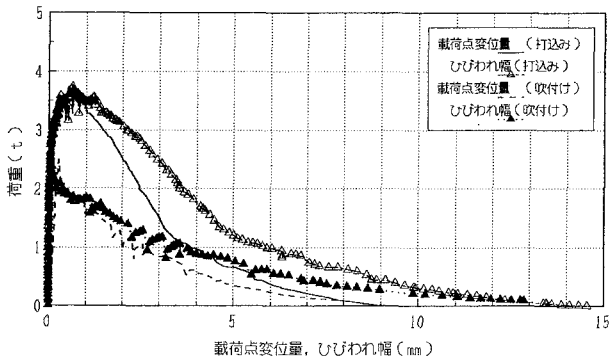


図-4 荷重～変位曲線（鋼繊維混入率1.0%）